



## VLÁKNOBETON V REŽIMU ČISTÉHO SMYKU

Zpracovali: Ing. Lukáš Kadlec, Ing. Václav Ráček, prof. Ing. Vladimír Křístek, DrSc., Dr.h.c., FEng., prof. Ing. Jan L. Vítek, CSc., FEng. (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

### Souhrn

Vláknobeton je rychle se rozvíjející materiál nalézající stále širší uplatnění. Silným rysem vláknobetonu je jeho schopnost přenášet napětí i po dosažení meze pevnosti. K plnému porozumění tohoto materiálu je nutné sledovat jeho chování v různých typech namáhání. Záměrem bylo vytvořit experiment, kde by byly vyvozeny podmínky pouze čistého smyku, bez žádného doprovodného parazitního namáhání. Během experimentu je sledována nejen vrcholová pevnost, ale též pracovní diagram (což je v tomto případě relace mezi působícím kroutícím momentem a poměrným úhlem zkroucení) a vývoj sestupné křivky přenášeného napětí při rostoucích smykových deformacích.

### Oblast použití

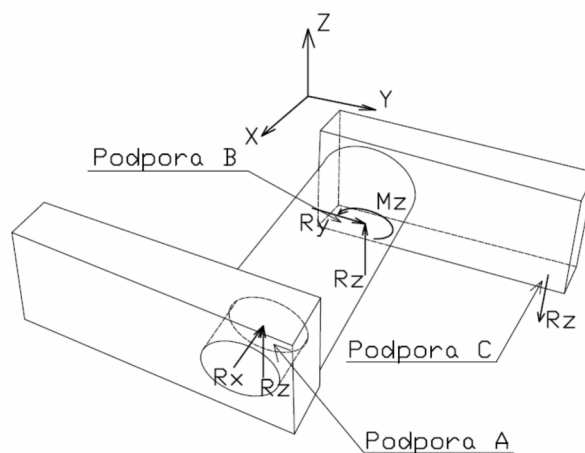
Experiment takového nového typu přináší zcela nové poznatky a přispěje k úplnému porozumění chování materiálu vláknobetonu. Oblast použití výsledků z tohoto experimentu bude v konečném důsledku velmi široká, neboť budeme s to popsat vláknobeton v režimu čistého smyku pomocí fyzikálně-matematických vztahů s použitím příslušných naměřených materiálových charakteristik.

### Metodika a postup řešení

Byl připraven úplný návrh celého experimentu – včetně výkresové dokumentace. Byla zahrnuta stádia výroby i transportu. Součástí experimentu byl i návrh podpůrné konstrukce nutné k uskutečnění experimentů. Celý návrh byl uzpůsoben možností zkušební laboratoře ČVUT, kde se předpokládá provedení experimentů.

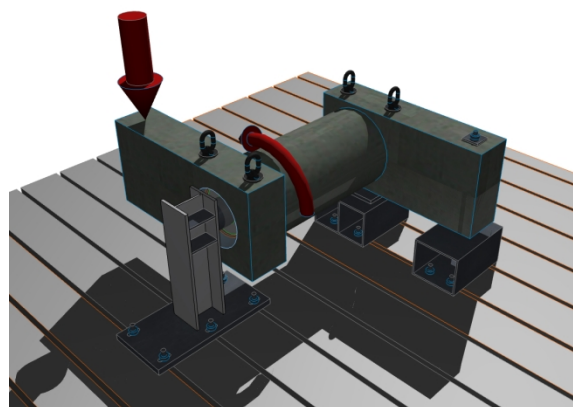
Vláknobetonový zkušební prvek se skládá ze střední části (trubky) a koncových oblastí (konzoly kolmé na osu trubky). Konzoly umožní zkušební prvek vhodně podepřít a zároveň vnést do trubky torzní účinky. Zkouška bude probíhat ve vodorovné poloze (viz obr. 1 a 2). Na volném konci jedné konzoly bude působit hydraulický lis, přičemž osa trubky a druhá konzola budou prostorově fixovány. Na každou konzolu bude tak působit dvojice sil

vyvozuující kroutící účinky na trubku. Celkem tedy budou na zkušební prvek působit 4 síly, přičemž jedna síla je akce z hydraulického lisu a zbylé tři jsou reakce. Bylo nutné celou trubku staticky určitě podepřít. Na obrázku 1 je nakreslené schéma zkušebního prvku včetně reakcí ze staticky určitého podepření. Nenulové reakce by měly být pouze všechny tři svislé reakce  $R_z$ . Celkem je odebráno 6 stupňů volnosti a zároveň je zaručeno, aby se nejednalo o výjimečný případ.



Obr. 1 Zkušební prvek a odebrané stupně volnosti.

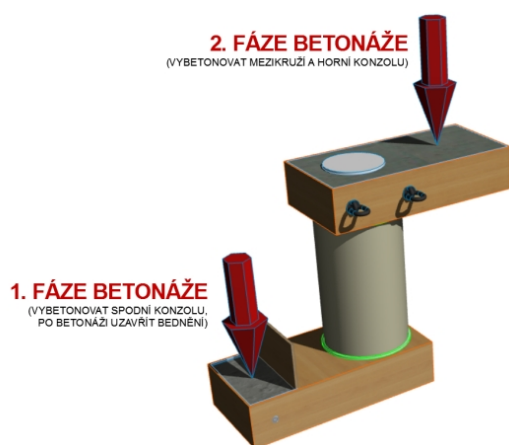
Podpora A představuje kloub posuvný ve směru osy  $y$ . Podpora B je elastomerové ložisko umožňující posun ve směru osy  $x$ . Podpora C je realizována táhlem přenášejícím pouze svislou tahovou složku.



Obr. 2 Prostorová vizualizace zkušebního prvku včetně podepření.

## Výroba

Vzhledem ke složitosti tvaru zkušebního prvku a množství výztuže uvnitř okrajových konzol betonáž probíhá ve svislé poloze, ve dvou fázích (viz obr. 3).



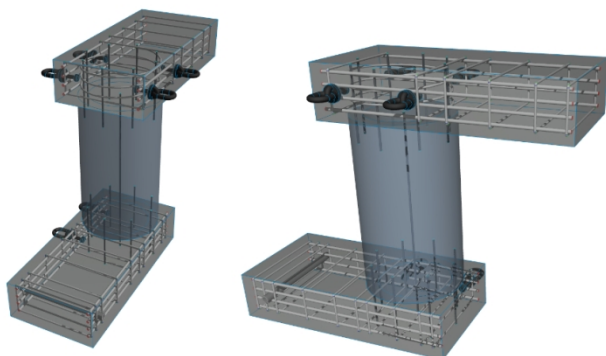
Obr. 3 Fáze betonování.

Nejprve bude betonována spodní konzola, a to otvorem v bedněni k tomuto účelu zřízeným. Poté bude otvor uzavřen a beton se bude hnát horní konzolou do trubky. Vnější bednění trubky bude papírové, vnitřní bednění bude tvořeno polystyrenovým válcem.

Při celém procesu betonáže bude muset být kladen zvláštní důraz na technologickou kázeň a mimořádnou kvalitu provedení. Především bude nutné přesně fixovat (pomocí průchozí tyče) polystyrenový válec tvořící bednění vnitřního lince trubky. Zároveň je třeba přesně osadit vyvázané armokoše, které budou přenášet zatížení z konzol do mezikruží (viz. obr. 4).

Vázaná výztuž bude v modelu zajišťovat přenos zatížení z konzol do mezikruží.

Do vytvrdnutí betonu bude polystyren vyjmut. Do vzniklého otvoru bude během zkoušení umístěna podpora A. Pro manipulaci a transport bude zkušební prvek osazen transportními úchyty.



Obr. 4 Prostorové rozmístění vázané výztuže zkušebního prvku.

## Průběh zkoušky

Zatížení bude realizováno hydraulickým lisem a bude přenášeno do betonové trubky přes vyčnívající konzolové rameno. Díky vhodně uspořádanému podepření vznikne na každé straně trubky dvojice sil vyvozujiící v trubce krouticí moment. Aby nedošlo k porušení betonu na hranici mezi trubkou a okrajovou konzolou, bude tento přechod vyztužen doplňkovou výztuží (viz obr. 4). Tato výztuž bude v trubce ukončena ve dvou příčných řezech, aby změna tuhosti nebyla skoková a tím náchylná k porušení.

Zatěžování bude probíhat řízenou deformací. Cílem bude naměřit závislost mezi působícím krouticím momentem a poměrným zkroucením trubky a to včetně sestupné (post-peakové) křivky pracovního diagramu. Během provádění experimentu bude nutné monitorovat deformace povrchu trubky. Povrch trubky též bude v pravidelných roztečích osazen tenzometry. Měření bude probíhat řízeně počítačem a bude nutné zaznamenávat ve stejném čase sílu z hydraulického lisu a k ní příslušná přemístění povrchu trubky. Z naměřených dat bude vypočítán vztah mezi působícím krouticím momentem a poměrným zkroucením trubky. Výstupem celého experimentu bude závislost mezi smykovým napětím a smykovou deformací materiálu vláknobetonu.

## Výsledky

Prozatímním výstupem je kompletní výkresová dokumentace včetně ověření spolehlivosti podpůrné konstrukce statickým výpočtem.

## Závěr

V závěru roku 2014 jsou řešeny dílčí specifické problémy týkající se zhotovení zkušebních prvků, přičemž se předpokládá jejich brzká výroba.

Navržené uspořádání experimentu je zcela původní a umožňuje sledování mechanických vlastností vláknobetonu v režimu čistého smyku. V praktických realizacích se vláknobeton přitom často navrhuje právě za účelem přenesení smykových účinků. Uskutečnění experimentů tohoto typu je nezbytné pro obecnější porozumění chování vláknobetonu.